

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
29 septembre 2005 (29.09.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/091316 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01F 21/00, H01P 9/00, 11/00, H01L 39/22,
39/24, H01P 7/00, H01Q 1/36, H01P 7/08

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000445

(22) Date de dépôt international :
24 février 2005 (24.02.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0402063 27 février 2004 (27.02.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794
Paris Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **HAMET, Jean-François** [FR/FR]; 15, rue du Parc, F-14610
Anguerny (FR). **BERNSTEIN, Pierre** [FR/FR]; 2, rue de
l'Eglise, F-14480 Villiers le Sec (FR). **MECHIN, Laurence** [FR/FR]; 19, rue Pierre de Coubertin, F-14000 Caen

(FR). **TOUITOU, Nabil** [DZ/FR]; 32, rue de la Plaine,
F-38610 Gieres (FR). **MOUCHEL, Séverine** [FR/FR];
63, rue Paul Verlaine, F-50110 Tourlaville (FR).

(74) Mandataire : **KEIB, Gérard**; Pontet Allano & Associés
S.E.L.A.R.L., 6, avenue du Général de Gaulle, F-78000
Versailles (FR).

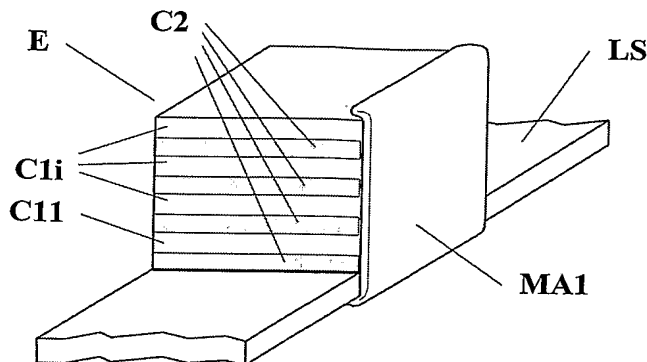
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: TUNABLE-INDUCTANCE THIN-LAYERED SUPERCONDUCTOR COMPONENTS, METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF AND DEVICES INCLUDING SAID COMPONENTS

(54) Titre : COMPOSANTS SUPRACONDUCTEURS EN COUCHES MINCES A INDUCTANCE ACCORDABLE PROCEDE DE REALISATION ET DISPOSITIFS INCLUANT DE TELS COMPOSANTS



(57) Abstract: The invention relates to thin-layered superconductors, particularly those having tunable or adjustable characteristics. The invention also relates to a method for the production of said components, in addition to devices including said components. The invention comprises a stack of thin layers alternately consisting of an electrically insulating material and a superconductor material, and tuning means resulting in a resistive link between at least two of said superconductor layers. The inductance of the component can be adjusted by modifying the resistivity of the link.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un composant inductif supraconducteur en couches minces, en particulier présentant des caractéristiques d'inductance accordables ou ajustables. Elle vise

également un procédé pour réaliser de tels composants, ainsi que des dispositifs incluant de tels composants. L'invention comprend un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices. L'inductance du composant peut être ajusté par modification de la résistivité de cette liaison.

WO 2005/091316 A1



Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

« Composants supraconducteurs en couches minces à inductance accordable, procédé de réalisation et dispositifs incluant de tels composants »

La présente invention concerne un composant inductif supraconducteur en couches minces, en particulier présentant des caractéristiques d'inductance accordables ou ajustables. Elle vise également un procédé pour réaliser de tels composants, ainsi que des dispositifs incluant de tels composants.

Cette invention s'inscrit dans le domaine des composants électriques et électroniques supraconducteurs pour les secteurs de l'électrotechnique ou de l'électronique, de la téléphonie, des antennes et des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour l'imagerie médicale ainsi que les radars et l'électronique de défense.

La réalisation de composants inductifs supraconducteurs en couches minces est généralement effectuée par dépôt d'un film supraconducteur, généralement par des méthodes de vide telles que la pulvérisation cathodique ou l'ablation laser pulsée, puis la définition par photo lithogravure de une ou plusieurs spires. Dans cette technique la dimension du dispositif croît avec la valeur de son inductance.

Un exemple pratique de réalisation consiste en une bobine comportant 5 spires dont le diamètre extérieur est de 15mm, avec des pistes de 0,4mm de largeur espacées de 0,3mm présentant une inductance de 2,12 μ H, qui est décrite dans le mémoire de thèse soutenu par Jean-Christophe Ginefri le 16 décembre 1999 à l'Université de Paris XI et intitulé « Antenne de surface supraconductrice miniature pour l'imagerie RMN à 1,5 Tesla ».

La technique décrite ci-dessus présente deux inconvénients principaux :

- la surface occupée par chaque composant inductif est importante. Par exemple, le composant décrit au paragraphe précédent occupe une surface de plus de 700mm² :

- si le composant est intégré dans un circuit, il est souvent nécessaire de raccorder l'extrémité de la spire intérieure à une ligne supraconductrice. Ceci implique un processus complexe comportant après le dépôt et la gravure des spires :

a) le dépôt et la gravure d'un film isolant,

b) le dépôt et la gravure sur cet isolant d'un deuxième film supraconducteur présentant des propriétés similaires à celles du premier film. Cette dernière étape est particulièrement délicate car il est
5 nécessaire de réaliser une reprise d'épitaixie, technique qui est difficilement maîtrisable. Il existe d'autres procédés permettant de déposer une bobine en couches minces, mais ils présentent des difficultés de réalisation identiques à celles décrites ici.

Par ailleurs, un certain nombre de procédés sont connus pour obtenir
10 des composants inductifs dont les caractéristiques d'inductance sont réglables facilement, lors de la fabrication ou bien une fois implanté dans un circuit ou un dispositif électrique ou électronique.

Un tel réglage peut être utile au stade de la fabrication, par exemple pour fabriquer à faible coût une gamme variée et homogène de composants
15 d'inductances différentes, en ne changeant que peu de paramètres du processus de fabrication.

Il est également très utile de disposer de composants inductifs dont l'inductance peut être réglée ultérieurement, par exemple pour effectuer un réglage ou un étalonnage ou une mesure au sein d'un appareil incluant de
20 tels composants.

Les dispositifs ou procédés connus utilisent souvent un ajustement à la fabrication des caractéristiques géométriques d'éléments macroscopiques, ou un réglage ultérieur de cette géométrie par une action mécanique. Il s'agit par exemple d'ajuster ou de régler la position d'un
25 noyau de ferrite au cœur d'une bobine comme dans le brevet US 4 558 295, ou d'une électrode métallique entre deux parties diélectriques comme le décrit le brevet US 6 556 415. Il peut s'agir également d'un déplacement de contact sur une piste conductrice formant un méandre déposé en couche mince, tel qu'enseigné par la demande de brevet US 2002/01 90835.

30 Il est également possible d'associer par connexion électrique ou électronique un certain nombre de sous composants d'inductance connue, comme le propose le brevet US 5 872 489, ce qui présente des limites évidentes, par exemple en terme de nombre de valeurs obtenues et de complexité de réalisation.

Une autre méthode est proposée par le brevet US 5 426 409, qui consiste à contrôler par un courant variable le degré de saturation magnétique du noyau d'une bobine. Lorsque les contraintes et les fréquences concernées le permettent, il est également possible d'ajuster
5 une inductance par variation de fréquence sur un matériau semi-conducteur (technologie MESFET GaAs, décrite dans le brevet US 6 211 753). Ce type de solution n'est toutefois pas applicable dans tous les cas, et n'est pas toujours non plus miniaturisable au-delà d'une certaine limite.

Selon les solutions employées, les composants obtenus peuvent être
10 sujets à l'usure. Souvent, ils imposent un encombrement non négligeable. Ils présentent également des limites en matière de plages de fréquences et/ou de performances utilisables.

En plus des limites citées plus haut en matière de miniaturisation et de performances d'inductance, fabriquer des composants d'inductances
15 variées ou régler la valeur d'inductance d'un composant présente donc des difficultés non négligeables.

Un but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux que
20 les procédés actuels.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant plus performant que les composants actuels, dans l'absolu ou par rapport à sa taille.

Cet objectif est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant
25 inductif supraconducteur sous la forme de un ou plusieurs segments de ligne ou éléments, d'une surface de l'ordre de quelques centaines de microns carrés constitués d'un empilement de films ou couches minces alternativement supraconducteurs et isolants.

On peut ainsi accéder à des processus de fabrication automatisables
30 et collectifs mettant en œuvre des techniques connues et largement répandues de dépôt de couches minces et de gravure, ce qui contribue à une réduction sensible des coûts de fabrication.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, chaque film constituant l'empilement est parfaitement cristallisé. Le dispositif est
35 dimensionné de façon à ce que dans les conditions de travail il se trouve

dans l'état Meissner, c'est à dire l'état dans lequel il ne présente pas de dissipation mesurable en courant continu.

Le dispositif proposé peut être réalisé à partir de tout couple de matériaux permettant de réaliser un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants en dessous d'une température appelée température critique.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant inductif dont les caractéristiques d'inductance peuvent être plus simplement ajustées lors de la fabrication, ou à moindre coût.

Cet objectif est atteint avec un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces composées alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Selon une particularité, cet empilement est positionné sur une piste supraconductrice connectée ou intégrée à un circuit électrique ou électronique.

Selon une variante de réalisation, la liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistance ou de résistivité sensiblement uniforme au sein de l'empilement.

Selon une autre variante de réalisation, la liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord est de résistivité ou de résistance variable au sein de l'empilement.

Selon une particularité, les moyens d'accord sont appliqués sur tout ou partie de la tranche de l'empilement pour réaliser une liaison résistive entre au moins deux couches supraconductrices. Ces moyens d'accord peuvent alors comprendre un matériau déposé ou adhérent à la tranche de l'empilement, et étant ainsi en contact avec tout ou partie des couches supraconductrices qui s'y trouvent.

Selon une particularité, les moyens d'accord comprennent un composé constitué d'un polymère incluant des particules métalliques, déposé sur ou en contact avec tout ou partie de la tranche de l'empilement.

Les éléments des moyens d'accord qui sont appliqués sur la tranche de l'empilement peuvent être répartis sous la forme d'une couche unique, ou de plusieurs couches minces empilées.

Un autre but de la présente invention est de proposer un composant plus fiable, plus performant ou d'encombrement plus réduit, dont les caractéristiques d'inductance puissent être réglées ou accordées après fabrication.

5 Cet objectif est atteint avec un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces composées alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices. Les moyens d'accord présentent alors des
10 caractéristiques de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande, propre à l'environnement du composant.

Cette grandeur de commande peut alors être générée ou ajustée par des composants émetteurs, réalisant ainsi une commande de réglage de
15 l'inductance du composant selon l'invention. Cette grandeur de commande peut également être uniquement propre à l'environnement du composant selon l'invention (ou seulement d'une partie du composant), réalisant ainsi une fonction de capteur ou de détection de cette grandeur de commande.

Les moyens d'accord peuvent présenter une résistivité ou une
20 résistance commandée par :

- une exposition ou une variation d'exposition à un rayonnement lumineux.
- une variation de température.
- une exposition ou une variation d'exposition à un champ magnétique.
- 25 - une exposition ou une variation d'exposition à un champ électrique.

Selon une particularité, les moyens d'accord comportent des moyens de réglage de la résistance ou de la résistivité d'au moins une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par ces moyens d'accord.

Selon une particularité, les moyens de réglage comprennent un
30 circuit électrique ou électronique de réglage de la résistivité ou de la résistance électrique entre au moins deux couches supraconductrices reliées par le dispositif d'accord.

Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux permettant d'ajuster ou d'accorder
35 les caractéristiques d'inductance des composants fabriqués.

Ce but est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur d'une valeur d'inductance déterminée, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une
5 phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, d'un matériau réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique d'une résistance ou d'une résistivité déterminée, choisie en fonction de ladite valeur d'inductance.

10 Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de réalisation plus simple et moins coûteux permettant de fabriquer des composants dont l'inductance est réglable après fabrication.

Ce but est atteint avec un procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur présentant des caractéristiques d'inductance
15 réglables, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique de
20 résistance ou de résistivité variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique de l'environnement de cette couche d'accord.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un dispositif électronique incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un empilement de couches minces alternativement d'un matériau
25 électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Selon une particularité, un tel dispositif peut assurer des fonctions de filtrage, ou de transducteur.

30 Le composant inductif supraconducteur peut comprendre des moyens d'accord sensibles à la lumière, par exemple une couche d'un composé photoconducteur. Un tel dispositif peut alors être prévu pour réaliser un transducteur optoélectronique.

Selon une particularité, le composant inductif supraconducteur peut
35 être associé (seul ou en plusieurs exemplaires) à un ou plusieurs

composants capacitifs. Le dispositif selon l'invention peut alors être agencé pour assurer une fonction de ligne à retard.

Suivant encore un aspect de l'invention, il est proposé un dispositif d'antenne incluant un composant inductif supraconducteur comprenant un
5 empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices.

Un tel dispositif d'antenne peut alors comprendre une ou plusieurs
10 lignes à retard selon la présente invention.

De telles antennes peuvent être associées, avec des réglages cohérents et accordés pour réaliser un dispositif d'imagerie médicale, par exemple de type IRM.

Un tel dispositif d'imagerie médicale peut ainsi comporter au moins
15 une antenne incluant un composant inductif supraconducteur dont les moyens d'accord permettent d'accorder ladite antenne.

Des lignes à retard selon l'invention peuvent également être mises en œuvre dans un dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comprenant chacune un circuit électronique incluant
20 une ligne à retard selon l'invention, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines.

Plusieurs variantes de réalisation de processus peuvent être envisagées pour la fabrication de circuits supraconducteurs intégrant
25 l'invention.

Le processus de fabrication comprend en particulier les étapes de dépôt d'un film supraconducteur et dépôt de l'empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants. Le processus comprend également des étapes de gravure de l'ensemble des films déposés et
30 gravure sélective de l'empilement réalisé de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif. Selon les variantes, ces étapes de gravure peuvent s'intercaler de façons différentes et en une ou plusieurs occurrences au sein des étapes de dépôt.

Suivant un autre aspect de l'invention, il est proposé un système pour réaliser un composant inductif supraconducteur sous la forme d'un ou plusieurs segments de ligne constitués d'un empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, mettant en œuvre le procédé
5 selon l'invention.

Dans une forme particulière de l'invention, ce système de réalisation comprend :

- des moyens pour déposer un film supraconducteur sur un substrat,
- des moyens pour déposer sur le film supraconducteur un
10 empilement de films alternativement supraconducteurs et isolants, et
- des moyens pour graver l'ensemble des films déposés , ces moyens étant agencés de façon à ne laisser subsister celui-ci qu'aux emplacements où l'on souhaite implanter un composant inductif.

15 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée d'un mode de mise en œuvre nullement limitatif, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma d'un empilement E de couches C_1 et C_2 déposées sur un substrat ;
- 20 - la figure 2A est une vue de dessus d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif constitué de films alternativement supraconducteurs C_1 et isolants C_2 ;
- la figure 2B est une vue en coupe d'une ligne supraconductrice LS comportant un composant inductif E constitué de films alternativement
25 supraconducteurs C_1 et isolants C_2 ;
- la figure 3A est une photographie du motif utilisé pour les tests montrant l'emplacement des entrées de courant I1 et I2, les plots de mesure V1 et V2 de la différence de potentiel aux bornes du pont ainsi que l'emplacement de celui-ci ;
- 30 - la figure 3B représente le masque de photolithogravure utilisé pour réaliser le motif de test de la figure 3A ;
- La figure 4 est un schéma du dispositif de mesure utilisé pour caractériser un composant inductif supraconducteur selon l'invention ;

- la figure 5 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 (traits pleins) lorsqu'un courant (pointillés) en dents de scie à la fréquence de 1000Hz circule dans l'échantillon ;

5 - la figure 6 représente une comparaison des différences de potentiel mesurées entre les plots V1 et V2 lorsque deux courants en dents de scie de même amplitude $I_{max} = 10$ microampères mais de fréquences différentes circulent dans l'échantillon ;

- la figure 7 illustre une ligne de retard implémentant un composant inductif supraconducteur selon l'invention ; et

10 - la figure 8 illustre un schéma de principe d'une antenne à décalage de phase ;

15 - la figure 9 illustre une différence de potentiel mesurée entre les plots V1 et V2 lorsqu'un courant (traits pointillés) circule entre les plots I1 et I2, rapportée à la valeur maximale de ce courant, avant (traits pleins) et après (nuages de points) exposition de l'échantillon à un flux de particules de carbone ;

20 - la figure 10 illustre des valeurs d'inductance selon la fréquence, avant (points carrés) et après (points ronds et points évidés) application de deux opérations différentes réalisant une liaison résistive entre les couches de l'échantillon ;

25 - la figure 11 représente une vue schématique en perspective d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent une couche d'un composé appliqué sur une tranche de l'empilement ;

30 - la figure 12 représente une vue schématique en vue de dessus d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent un film photoconducteur appliqué sur une tranche de l'empilement, et dont la résistance ou la résistivité est commandée par une source lumineuse commandée ;

30 - la figure 13 représente une vue schématique en perspective d'un composant selon l'invention, dans un mode de réalisation où les moyens d'accord comprennent un circuit électrique ou électronique de résistance réglable connecté à certaines des couches de l'empilement.

Le principe mis en œuvre dans le composant et son procédé de réalisation selon l'invention réside en un empilement E de films minces, ou couches minces, alternativement supraconducteurs C1 et isolants C2, associés ou non à des liaisons résistives entre les films supraconducteurs C1.

Ces films sont déposés sur un substrat S, en référence à la figure 1, ou bien sur une ligne supraconductrice LS. Il est important que les films C2 soient isolants et de bien contrôler d'éventuels défauts de croissance risquant de mettre deux films supraconducteurs voisins en contact direct.

Ce principe d'empilement permet l'obtention de composants particulièrement performants, entre autres parce que de valeur d'inductance très élevée par rapport à leur taille.

Le principe consistant à relier entre eux des couches supraconductrices de l'empilement à travers des liaisons résistives, permet alors de diminuer l'inductance obtenue. Cette diminution peut alors être prévue et réalisée en fonction des besoins, par une variation de la résistance ou de la résistivité de ces liaisons inter-couches.

Il est ainsi possible de réaliser des composants présentant une inductance de la valeur voulue, en fonction des besoins ou pour constituer une gamme de composants de valeurs différentes.

En utilisant des liaisons dont la résistivité peut varier de façon importante sous l'influence de certains facteurs, il est également possible de réaliser des composants dont la valeur d'inductance peut être modifiée par des moyens de commande, ou par une grandeur physico-chimique à détecter.

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, le premier film déposé pour réaliser l'empilement E est isolant comme indiqué sur la figure 1.

L'intégration de composants inductifs dans un circuit supraconducteur peut être effectuée de la façon indiquée sur les figures 2A et 2B en utilisant les techniques de dépôt de films minces bien connues de l'homme de l'art, par exemple l'ablation laser, la pulvérisation cathodique radio-fréquence, l'évaporation sous vide, le dépôt chimique en phase vapeur et de manière générale toute technique de dépôt permettant l'obtention de couches minces.

Il est à noter que dans cette version particulière du procédé selon l'invention correspondant aux figures 2A et 2B, un film supraconducteur L1 déposé sur un substrat S, une fois gravé, constitue une ligne supraconductrice LS sur laquelle sera placé l'empilement inductif E.

5 Dans un exemple particulier de réalisation selon l'invention fourni à titre non limitatif, les matériaux choisis sont les composés $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ pour les films supraconducteurs et LaAlO_3 pour les films isolants. Les épaisseurs sont de 10nm (10^{-8}m) pour les films supraconducteurs et de 4nm ($4 \cdot 10^{-9}\text{m}$) pour les films isolants. 14 paires de films ont été déposées.

10 Après dépôt, les films ont été gravés de façon à obtenir le motif représenté sur la figure 3A dans laquelle on distingue les contacts métallisés I1, I2 qui permettent d'amener le courant dans l'échantillon et ceux qui permettent de mesurer les tensions V1 et V2 aux bornes de l'élément central, appelé pont, du motif. A titre indicatif et non limitatif, la taille du
15 pont est de $10\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$.

Le dispositif de mesure utilisé pour caractériser les échantillons de composants inductifs supraconducteurs selon l'invention, représenté en figure 4, comporte un générateur GBF créant un courant variable dans le temps $I(t)$ qui traverse la résistance R et l'échantillon Ech via les contacts I1
20 et I2. La différence de potentiel aux bornes de la résistance R est amplifiée par un amplificateur différentiel AI et envoyée sur une entrée YI de l'oscilloscope Osc. Elle permet de connaître l'intensité $I(t)$ du courant traversant l'échantillon. La différence de potentiel aux bornes de l'échantillon est prélevée en V1 et V2, amplifiée par l'amplificateur Av et
25 envoyée sur l'entrée Yv de l'oscilloscope Osc.

La figure 5 montre les signaux recueillis en YI et Yv lorsque l'échantillon est à une température de 37K. Dans le cas présent, l'échantillon était placé dans un cryostat à hélium liquide, mais tout procédé permettant d'obtenir une température inférieure à la température critique
30 de l'échantillon étudié convient.

Le générateur délivre un courant en dents de scie à la fréquence de 1000 Hz. On a directement reporté la valeur du courant $I(t)$. On observe que la différence de potentiel $V(t)$ entre V1 et V2 présente la forme de créneaux, ce qui indique que $V(t)$ est proportionnelle à la dérivée par

rapport au temps de $I(t)$. Cette caractéristique indique que l'échantillon se comporte bien comme un composant inductif.

On a reporté sur la figure 6 des signaux $V(t)$ mesurés de façon similaire à 700 Hz et 2kHz pour une valeur du courant crête égale à 10 μA dans les deux cas. Dans cette figure, le trait plein correspond à la tension relevée pour un courant à la fréquence $F=700Hz$ et le trait pointillé à celle relevée pour un courant à la fréquence $F=2000Hz$.

On observe que le rapport de l'amplitude des signaux obtenus est dans le rapport des fréquences appliquées, ce qui là aussi est typique d'un composant inductif.

Des résultats présentés sur la figure 6, on déduit que l'inductance du composant réalisé selon l'invention est égale à $535 \mu H \pm 10\mu H$. Les composants testés n'ont pas tous présenté une inductance aussi élevée mais des valeurs de l'ordre de quelques dizaines de μH ont été couramment obtenues avec des composants de forme identique à celui présenté ici.

La figure 9 correspond à plusieurs mesures réalisées sur un même échantillon initial, et mettant en évidence une variation de l'inductance du composant du fait de la présence de liaisons résistives entre les couches supraconductrices.

Cette figure 9 montre les signaux recueillis en YI et Yv , rapportés à la valeur maximale I_{max} de l'intensité et pour une fréquence de 1 kHz, dans les mêmes conditions que pour la figure 5.

Dans cette figure, le trait plein représente la quantité V/I_{max} , mesurée sur un échantillon dont les couches supraconductrices $C1$ sont séparées par des couches $C2$ rigoureusement isolantes. Ce tracé peut être utilisé comme référence et correspond à une inductance maximale obtenue pour un empilement de caractéristiques fixes, en géométrie comme en nature et nombre de couches. Le calcul montre que l'inductance de l'échantillon est de 62 μH dans cette configuration.

L'échantillon est ensuite exposé à un flux de particules de carbone créant des liaisons résistives entre les couches supraconductrices $C1$ de l'empilement E , par contact au niveau des tranches accessibles de l'empilement.

Le tracé en nuages de points représente la quantité V/I_{max} , mesurée après cette exposition, en présence des particules de carbone déposées sur

la tranche de l'empilement E. Le calcul montre que l'inductance de l'échantillon est alors de 14 μH .

Dans cette configuration, les particules de carbones en contact avec les couches supraconductrices C1 au niveau de leur affleurement dans la tranche de l'empilement E constitue alors des moyens d'accord réalisant entre ces couches supraconductrices C1 une liaison résistive, d'une résistance faible par rapport à celle des couches isolantes C2 qui les séparent. L'expérience montre d'ailleurs que le retrait de ces particules de carbone permet de restaurer les propriétés initiales.

La figure 10 montre les valeurs d'inductance obtenues pour un échantillon de même forme que pour la figure 5, composé de films supraconducteurs de la phase $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ séparés par des films isolants en LaAlO_3 .

Dans cette figure, les points en forme de carrés pleins représentent les valeurs d'inductance mesurées à différentes fréquences, mesurées sur un échantillon dont les couches supraconductrices C1 sont séparées par des couches C2 rigoureusement isolantes.

Sur la même figure, les points en forme de ronds pleins et en forme de carrés creux représentent les valeurs d'inductance mesurées à différentes fréquences, mesurées sur un échantillon doté de moyens d'accord de deux types différents et réalisant entre les couches supraconductrices C1 des liaisons résistives de caractéristiques différentes.

Ces moyens d'accord peuvent comprendre, à titre d'exemple, un polymère contenant des grains d'argent appliqué sur l'échantillon.

Ainsi on constate que l'utilisation de moyens d'accord de résistances ou de résistivités différentes permet, à partir d'un échantillon d'une inductance donnée, par exemple d'environ $5 \cdot 10^{-5} \text{ H}$ à 1kHz, de réaliser un composant d'inductance plus faible.

De plus, cette valeur plus faible d'inductance est différente selon que les moyens d'accord sont d'un premier type avec une première caractéristique de résistance, donnant par exemple une inductance proche de $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ H}$, ou sont d'un deuxième type avec une deuxième caractéristique de résistance, donnant par exemple une inductance proche de $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ H}$.

La réalisation de ces moyens d'accord utilise des techniques connues et peut se faire suivant différents modes dont certains sont expliqués ci-dessous à titre d'exemples non limitatifs.

5 La figure 11 illustre un mode de réalisation de l'invention où un empilement E de couches minces alternativement supraconductrices C1 et isolantes C2 est positionné sur une piste supraconductrice LS. Cette piste peut être située sur un film isolant, ou directement sur un substrat, ou faire partie elle-même d'un circuit multicouche.

10 Sur la tranche de l'empilement E est disposé un dispositif d'accord réalisant des moyens d'accord, en assurant une connexion électrique d'une résistance déterminée entre les différentes couches supraconductrices C1, C1i de l'empilement. Ce dispositif d'accord peut être réalisé sous la forme d'une substance MA1 d'une résistivité connue, fixe ou pouvant être choisie par une modification de sa composition. Cette substance, dite substance
15 d'accord, peut être déposée sur la tranche de l'empilement, voire sur la totalité de la surface du composant, par des moyens connus par exemple par enduction ou par des procédés de dépôt d'une couche mince comme ceux décrits plus haut.

20 La résistivité de cette substance d'accord ou la quantité appliquée, et donc l'inductance du composant obtenu, peut être choisie et déterminée avant son application sur l'empilement par tout moyen connu, par exemple par dosage d'un composant entrant dans sa fabrication. Si cette substance est un polymère incluant des grains d'argent, l'inductance du composant réalisé pourra ainsi être déterminée par la quantité ou la taille des grains
25 d'argent.

L'invention décrit donc également un procédé de réalisation de composants supraconducteurs à inductance accordable, dont la valeur d'inductance est déterminée à la fabrication par le choix de substances d'accord de caractéristiques différentes.

30 La figure 12 illustre un mode de réalisation où les moyens d'accord présentent une résistance dont la valeur change de façon importante en fonction d'une grandeur physique ou chimique de son environnement. Dans cet exemple, les moyens d'accord comprennent une substance d'accord MA2, par un exemple un film photoconducteur en une ou plusieurs couches

minces, dont la résistivité et donc la résistance varie en fonction du rayonnement lumineux qu'elle reçoit.

Cette substance d'accord MA2 reçoit un rayonnement lumineux en provenance de moyens d'éclairage ME, qui peuvent être commandés par
5 des moyens de commande d'un type connu.

Au sein d'un dispositif électrique ou électronique incluant un composant supraconducteur à inductance accordable selon l'invention, il est donc possible de commander une variation de l'inductance dudit composant inductif en commandant le fonctionnement des moyens d'éclairage ME. Un
10 tel composant peut ainsi permettre de réaliser de nombreux types de composants optoélectroniques, par exemple un transducteur optoélectronique.

En agencant le composant selon l'invention de façon à ce que les moyens d'accord reçoivent de la lumière extérieure, il est également
15 possible de réaliser un capteur lumineux.

Dans un autre mode de réalisation, non représenté, les moyens d'accord présentent une résistivité et donc une résistance variant selon une autre grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande. A titre d'exemple, cette grandeur de commande peut être une température, un
20 champ électrique, ou un champ magnétique.

De la même façon qu'avec un rayonnement lumineux, le composant selon l'invention peut alors être agencé pour réaliser un capteur de cette grandeur, ou pour être commandé en inductance par une émission ou une variation de cette grandeur par une source commandée.

25 Ainsi, il est par exemple possible de réaliser des transducteurs, des coupleurs, des capteurs, ou nombre de composants ou dispositifs incluant une variation d'inductance selon une telle grandeur physicochimique.

L'invention décrit donc également un procédé de réalisation de composants supraconducteurs à inductance accordable, dont la valeur
30 d'inductance est réglable après fabrication par la détection ou la commande d'une exposition ou d'une variation d'exposition à une grandeur physique ou chimique propre à l'environnement du composant.

La figure 13 illustre une variante de l'invention pouvant également être déclinée en de nombreux modes de réalisation. A titre d'exemple, un
35 mode de réalisation est représenté où une pluralité de couches

supraconductrices C1i de l'empilement E reçoivent une connexion CXi électrique individuelle, ou par petits groupes, qui les relie à un circuit de réglage. Par des moyens de commandes connus, ce circuit de réglage établit entre les différentes connexions CXi des liaisons résistives qui
5 peuvent être modifiées selon l'inductance à obtenir dans le composant supraconducteur inductif. De telles connexions CXi peuvent être réalisées, par exemple, par connexion discrète des couches supraconductrices C1i à l'aide de fils ou de pistes en métal normal. Elles peuvent également être réalisées sous la forme de couches minces de métal normal formant des
10 pistes électriques et empilées en même temps que les couches supraconductrices C1i et isolantes C2i de l'empilement E.

Les composants inductifs supraconducteurs obtenus par le procédé selon l'invention peuvent trouver des applications dans les domaines de l'électrotechnique ou de l'électronique, de la téléphonie, des antennes et
15 des composants passifs à haute fréquence, en particulier pour l'imagerie médicale ainsi que les radars et l'électronique de défense.

Dans un premier exemple d'application, des composants inductifs supraconducteurs sont implémentés dans des systèmes d'antennes. Ainsi, dans un certain nombre de cas, par exemple en imagerie médicale par
20 résonance magnétique (IRM) de surface, on utilise des antennes accordées. Un paramètre important intervenant dans l'efficacité de l'antenne est le coefficient de surtension qui est proportionnel à son inductance. Une antenne supraconductrice permet de faire croître ce coefficient car sa résistance ohmique est très faible. On peut penser obtenir un nouvel
25 accroissement du coefficient de surtension en incluant dans le circuit d'antenne un dispositif du type de ceux décrits ici

Un cas particulièrement favorable sera celui où l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

Dans un autre exemple d'application, des composants inductifs
30 supraconducteurs sont mis en œuvre dans des lignes à retard. Les lignes à retard sont d'usage courant dans tous les domaines de l'électronique. La forme la plus simple que peut prendre une ligne à retard est représentée sur la figure 7.

La présence dans le circuit de l'inductance L et du condensateur C
35 provoque une différence de phase entre la tension V et le courant I. Un

exemple d'utilisation est celui des radars à décalage de phase qui permettent d'explorer l'espace environnant avec un système d'antennes fixes. Un schéma de principe pour un tel système est reporté sur la figure 8. Dans ce dispositif la ligne principale portant le courant I est couplé aux
5 différentes antennes. Chacune de celles-ci comporte dans son circuit une ligne à retard. Il en résulte que chaque antenne émet un signal dont la phase est décalée par rapport à celle des antennes voisines. En faisant varier ce décalage de phase on change la direction du rayonnement émis. En électronique de défense, on étudie depuis longtemps l'introduction de
10 composants supraconducteurs dans les circuits électroniques, en particulier pour les radars et plus généralement les contre-mesures. La présence de composants à forte inductance, de petites dimensions et dont la fabrication utilise des processus similaires à ceux employés pour le reste du circuit serait une innovation importante dans ce domaine.

15 Dans ses utilisations, en particulier pour réaliser des lignes à retard et des antennes individuelles, ou des antennes composites à décalage de phase, le composant inductif selon l'invention peut être utilisé dans des versions de différentes valeurs d'inductances, réalisées comme décrit ci-dessus.

20 Dans de telles applications, le composant supraconducteur inductif accordable selon l'invention peut également être avantageusement utilisé en version réglable en cours d'utilisation, par exemple pour modifier ou étalonner les caractéristiques d'une antenne composite ou d'une antenne active, par réglage différentié de l'inductance au sein des lignes à retard des
25 antennes individuelles qui la composent.

De telles antennes individuelles ou composites incluant le composant supraconducteur inductif accordable selon l'invention peuvent aussi permettre des avancées intéressantes dans les domaines où l'on utilise des antennes accordées, par exemple en imagerie médicale par résonance
30 magnétique (IRM) de surface.

En effet, des composants inductifs supraconducteurs sont souvent utilisés avec ou dans des systèmes d'antennes, et une antenne peut avantageusement être réalisée elle-même à partir d'un film mince supraconducteur. Il est alors possible de réaliser un accord d'une antenne
35 en choisissant ou en réglant l'inductance d'un ou plusieurs des composants

inductifs qu'elle comprend. Un paramètre important intervenant dans l'efficacité de l'antenne est le coefficient de surtension qui est proportionnel à son inductance. Une antenne supraconductrice permet de faire croître ce coefficient car sa résistance ohmique est très faible. On peut penser obtenir
5 un nouvel accroissement du coefficient de surtension en incluant dans le circuit d'antenne un dispositif du type de ceux décrits ici.

Un cas particulièrement favorable sera celui où l'antenne elle-même est réalisée à partir d'un film mince supraconducteur.

Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent
10 d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention. Ainsi, le nombre de films respectivement isolants et supraconducteurs n'est pas limité aux exemples décrits. Par ailleurs, les dimensions des composants inductifs supraconducteurs ainsi que leurs surfaces peuvent évoluer en fonction des
15 applications spécifiques de ces composants. De plus, les films respectivement supraconducteurs et isolants peuvent être réalisés à partir d'autres composés que ceux proposés dans l'exemple décrit, pourvu que ces composés satisfassent aux conditions physiques requises pour les applications

REVENDICATIONS

1. Composant inductif supraconducteur comprenant au moins deux bornes coopérant avec un empilement (E) de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant (C2) et d'un matériau supraconducteur (C1), et comprenant des moyens d'accord (M11, MA2)
5 réalisant une liaison résistive entre au moins deux de ces couches supraconductrices (C1, C1i).
2. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que cet empilement (E) est positionné sur une piste supraconductrice (LS).
10
3. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord présente une résistance sensiblement uniforme au sein de l'empilement.
15
4. Composant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'une liaison entre deux couches supraconductrices reliées par les moyens d'accord présente une résistance variable au sein de l'empilement.
- 20 5. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1, MA2) comprennent au moins une substance appliquée sur tout ou partie de la tranche de l'empilement pour réaliser une liaison résistive entre au moins deux couches supraconductrices.
25
6. Composant selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA1) présentent des caractéristiques de résistance variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique, dite grandeur de commande, propre à l'environnement du composant.
30
7. Composant selon l'une des revendications 5 à 6, caractérisé en ce que les moyens d'accord (MA2) présentent une résistance commandée par

une exposition ou une variation d'exposition à un rayonnement lumineux (ME).

8. Composant selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisé en ce
5 que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistance commandée par une variation de température.
9. Composant selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce
10 que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistance commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ magnétique.
10. Composant selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce
15 que les moyens d'accord (MA1) présentent une résistance commandée par une exposition ou une variation d'exposition à un champ électrique.
11. Composant selon l'une des revendications 5 à 10, caractérisé en ce
que les moyens d'accord (MA1, MA2) comprennent un composé constitué d'un polymère incluant des particules métalliques.
- 20 12. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens d'accord comportent des moyens de réglage de la résistance d'au moins une liaison entre deux couches supraconductrices (C1, C1i) reliées par ces moyens d'accord.
- 25 13. Composant selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de réglage comprennent un circuit (CXi, CR) électrique ou électronique de réglage de la résistivité ou de la résistance électrique entre au moins deux couches supraconductrices reliées par le dispositif d'accord.
- 30 14. Dispositif électronique incluant un composant inductif supraconducteur comprenant au moins deux bornes coopérant avec un empilement de couches minces alternativement d'un matériau électriquement isolant et d'un matériau supraconducteur, et comprenant des moyens d'accord réalisant une liaison résistive entre au moins deux de
35 ces couches supraconductrices.

15. Dispositif selon la revendication 14, assurant une fonction de transducteur optoélectronique.
- 5 16. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend également un composant capacitif et assure une fonction de ligne à retard.
- 10 17. Dispositif selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce qu'il réalise au moins une antenne incluant un composant inductif supraconducteur.
- 15 18. Dispositif selon l'une des revendications 16 ou 17, mis en œuvre dans un dispositif radar à décalage de phase comportant une pluralité d'antennes comportant chacune un circuit électronique incluant au moins une ligne à retard, cette ligne à retard étant agencée de sorte que chacune desdites antennes émet ou reçoit un signal dont la phase est décalée par rapport à celles des antennes voisines.
- 20 19. Dispositif selon l'une des revendications 17 ou 18, mis en œuvre dans un dispositif d'imagerie médicale comportant au moins une antenne incluant un composant inductif supraconducteur dont les moyens d'accord permettent d'accorder ladite antenne.
- 25 20. Procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur d'une valeur d'inductance déterminée, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, d'un matériau réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique d'une résistance déterminée, choisie en fonction de ladite valeur d'inductance.
- 30 21. Procédé de réalisation d'un composant inductif supraconducteur présentant des caractéristiques d'inductance réglables, caractérisé en ce qu'il comprend une phase de dépôt d'un empilement alterné de couches

minces supraconductrices et isolantes sur un substrat, suivie d'une phase de dépôt sur tout ou partie de la tranche de cet empilement d'au moins une couche d'accord, réalisant entre une pluralité de ces couches supraconductrices une liaison électrique de résistance variant en fonction d'une grandeur physique ou chimique de l'environnement de cette couche d'accord.

22. Procédé selon l'une des revendications 20 ou 21, caractérisé en ce qu'après la phase de dépôt d'empilement, le composant présente une valeur d'inductance dite intermédiaire, et que la phase de dépôt de la couche d'accord permet une diminution de l'inductance du composant par rapport à son inductance intermédiaire.

1 / 7

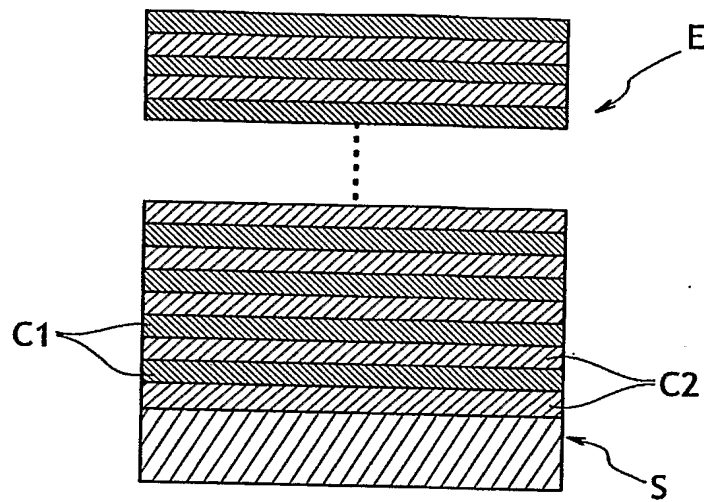


FIG.1

Empilement E de films
alternativement supraconducteurs
et isolants

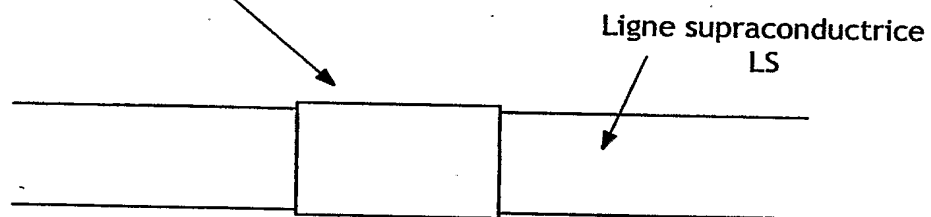


FIG.2a

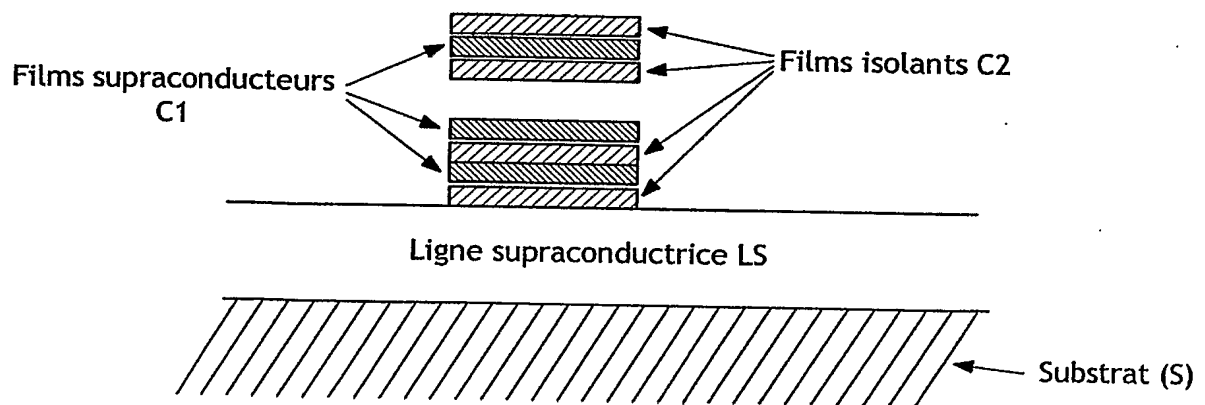


FIG.2b

2 / 7

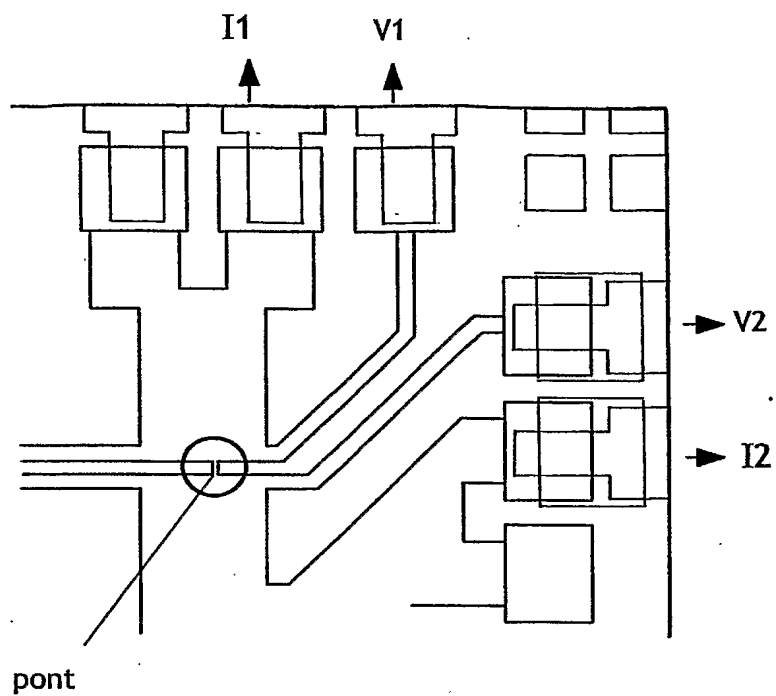


FIG.3a

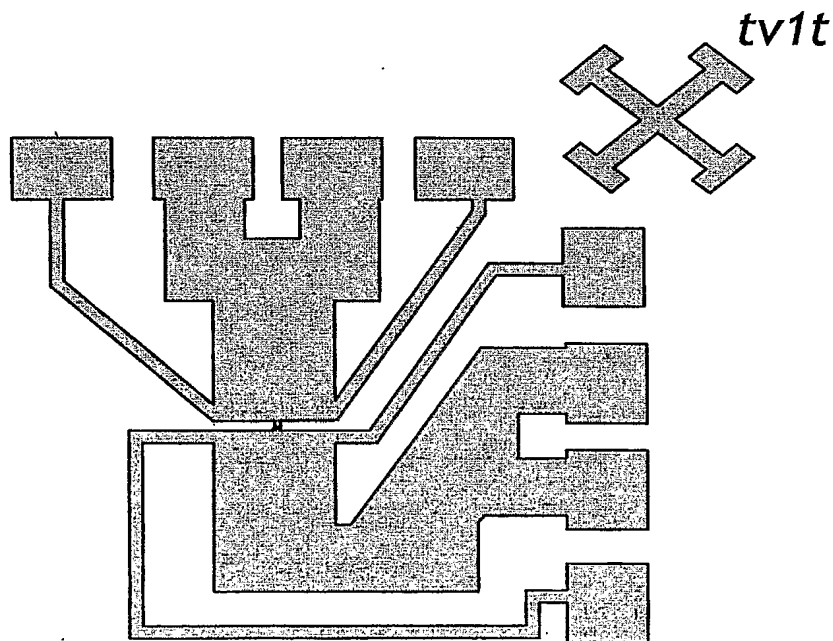


FIG.3b

3/7

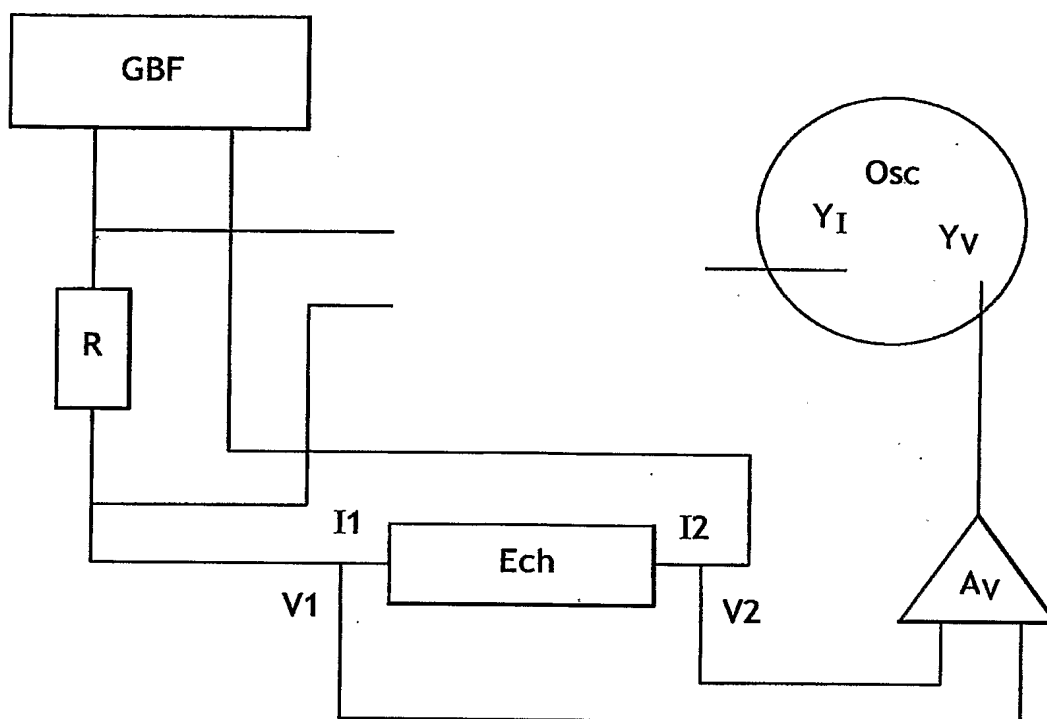


FIG.4

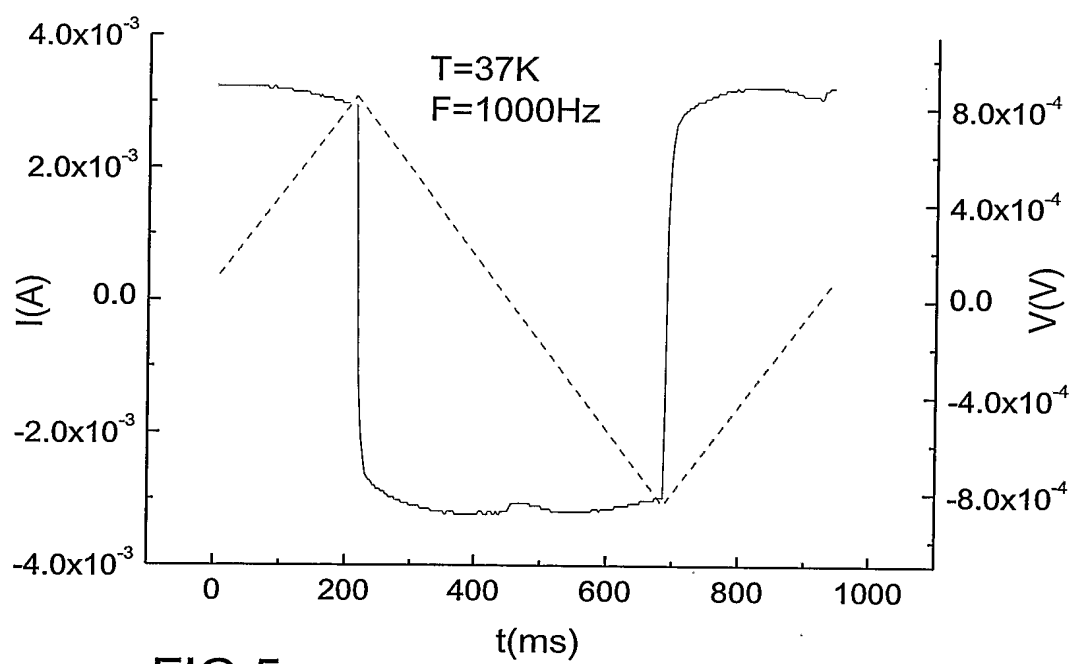
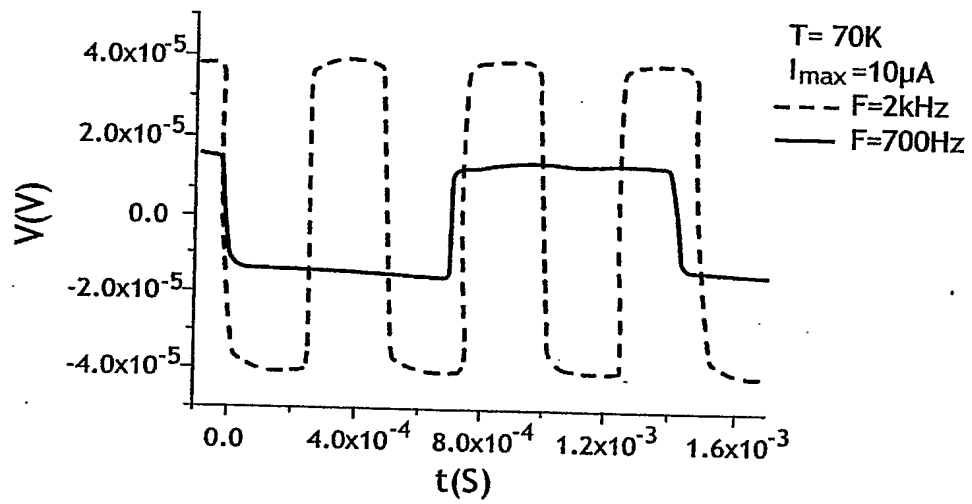
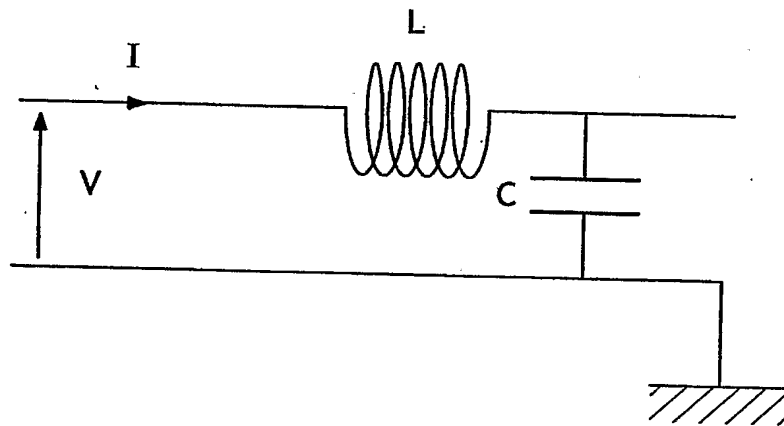
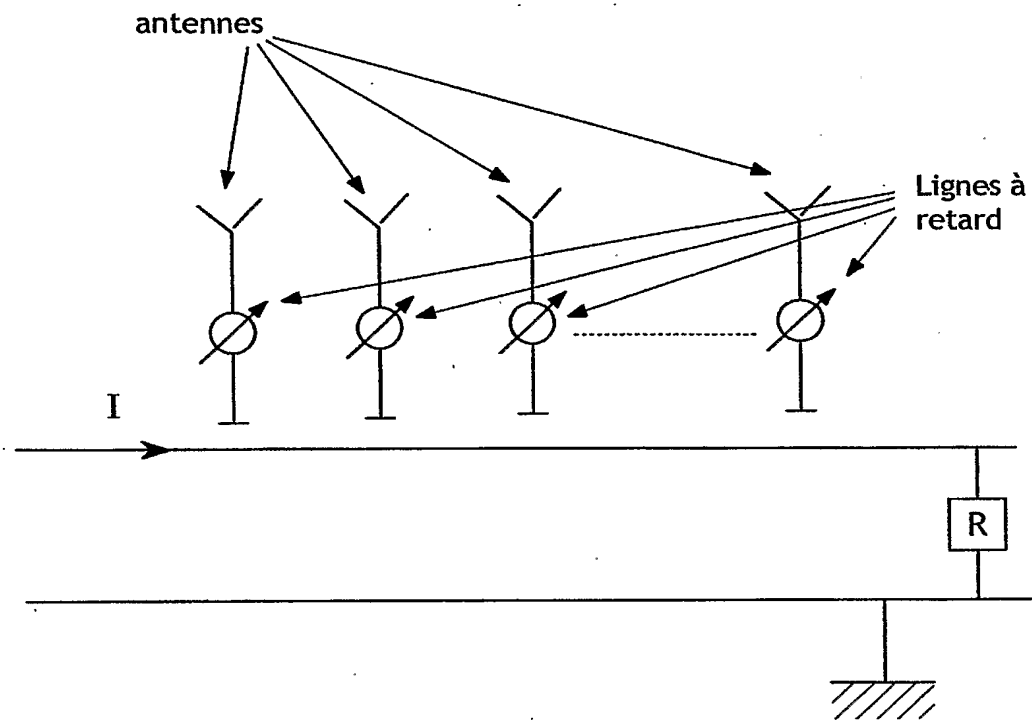


FIG.5

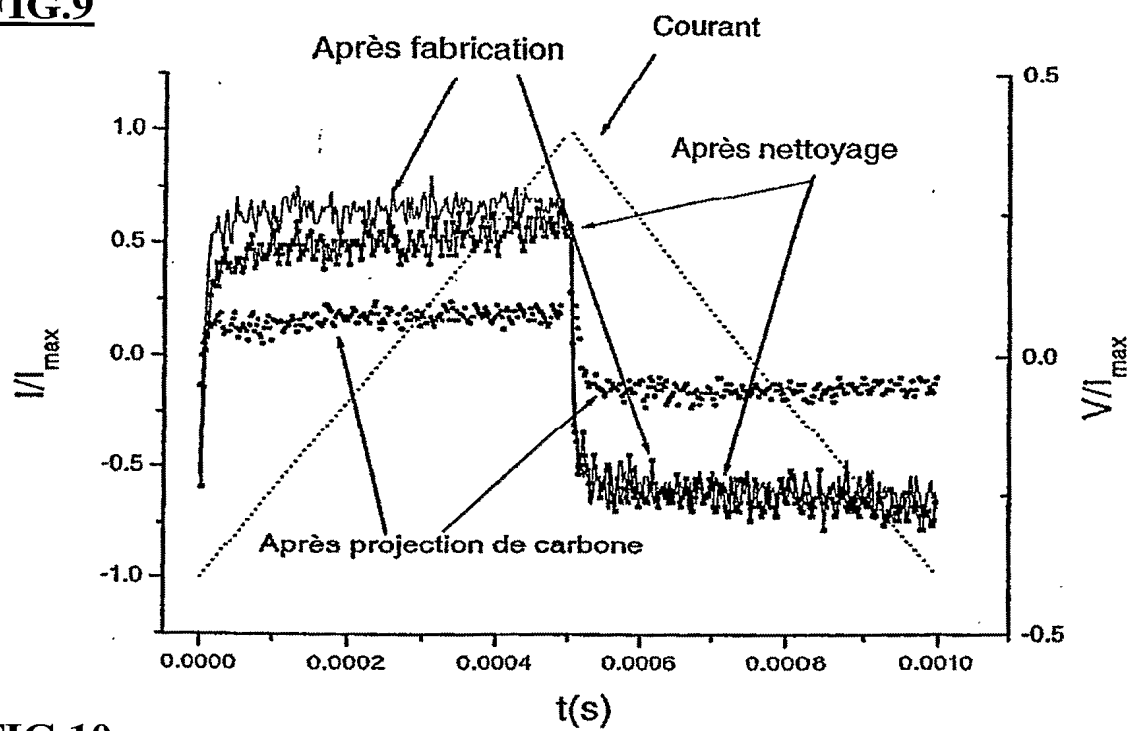
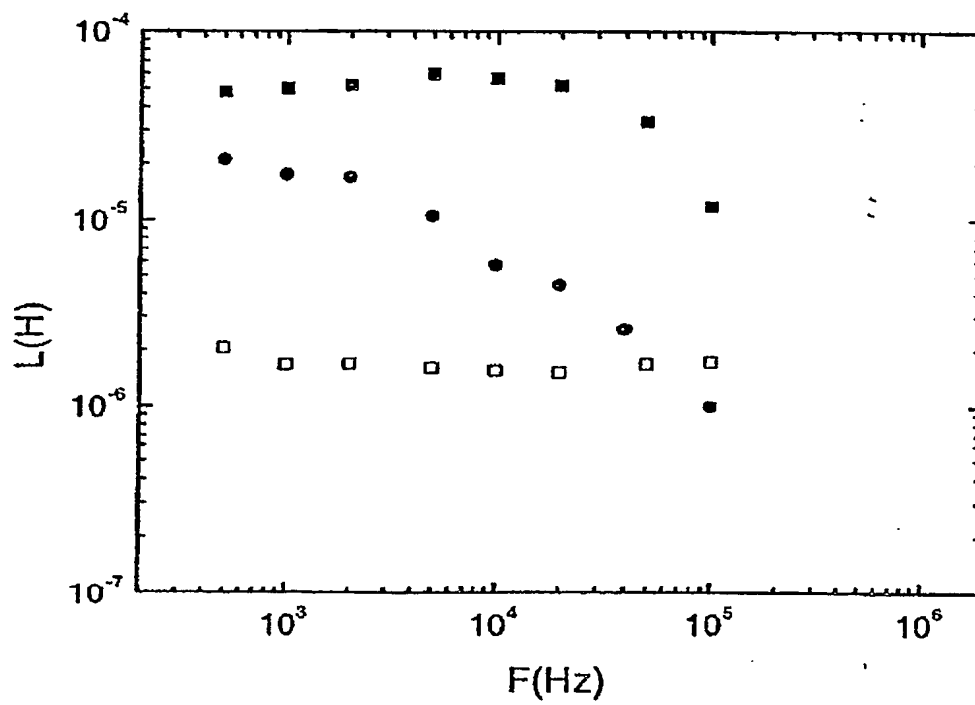
4 / 7

FIG.6FIG.7

5 / 7

FIG.8

6/7

FIG.9**FIG.10**

7/7

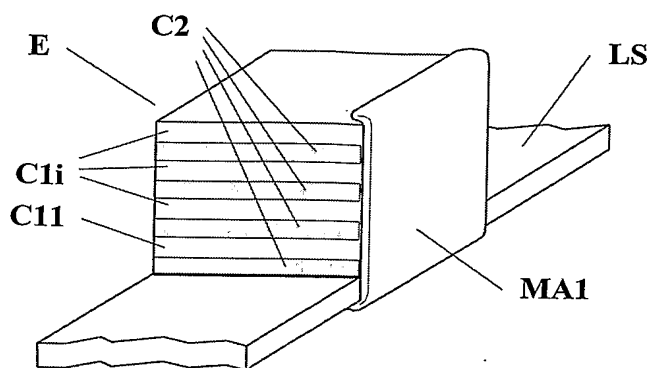


FIG. 11

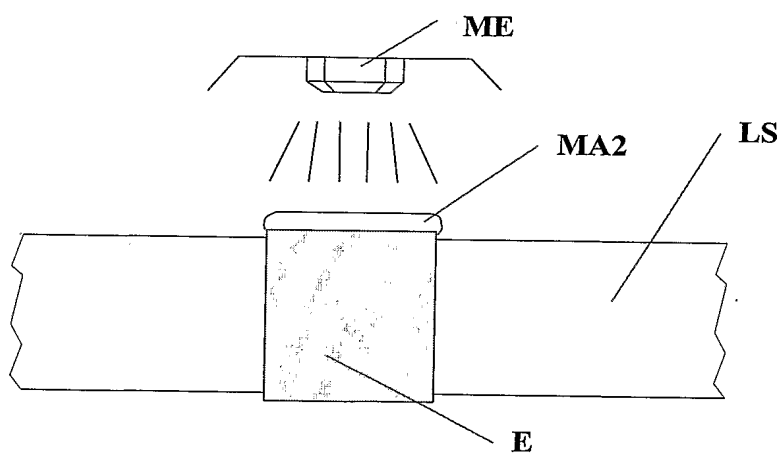


FIG. 12

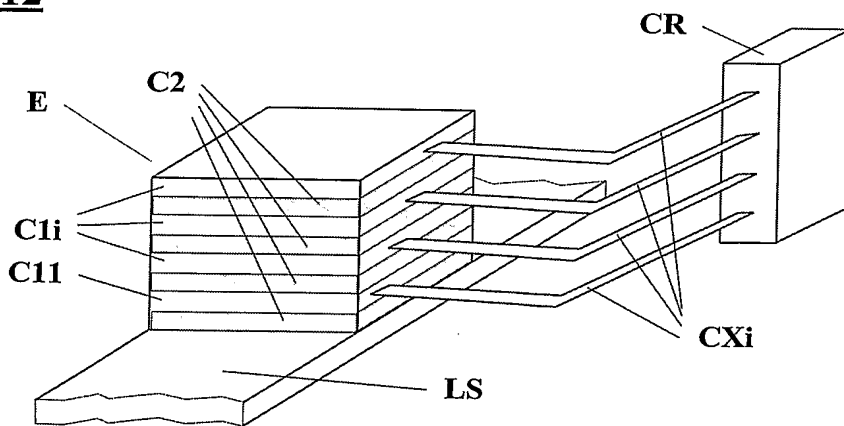


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int Application No
PCT/FR2005/000445

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01F21/00 H01P9/00 H01P11/00 H01L39/22 H01L39/24
H01P7/00 H01Q1/36 H01P7/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01P H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97/23012 A (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON ; GEVORGIAN, SPARTAK; KOLLBERG, ERIK;) 26 June 1997 (1997-06-26)	1-4, 12-19
A	page 8, line 1 - page 10, line 32; figures 1,2	20,21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0134, no. 81 (E-838), 31 October 1989 (1989-10-31) & JP 01 189206 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 28 July 1989 (1989-07-28) abstract	1,14
A	EP 0 716 468 A (MURATA MANUFACTURING CO) 12 June 1996 (1996-06-12) abstract	1,14,20, 21
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 June 2005

Date of mailing of the international search report

23/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Marti Almeda, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In
national Application No
PCT/FR2005/000445

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SHINHO CHO ET AL: "Current and temperature controlled variable inductance in superconducting microstrip lines" IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY IEEE USA, vol. 11, no. 1, March 2001 (2001-03), pages 3090-3093, XP008036238 ISSN: 1051-8223 abstract -----	8
A	US 5 472 935 A (YANDROFSKI ROBERT M ET AL) 5 December 1995 (1995-12-05) abstract column 9, line 52 - column 10, line 3; figures 9,10 -----	
A	US 5 679 624 A (DAS SATYENDRANATH) 21 October 1997 (1997-10-21) abstract column 3, line 10 - line 53; figures 1,2 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/000445

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9723012	A	26-06-1997	SE 507751 C2	13-07-1998
			DE 69614142 D1	30-08-2001
			DE 69614142 T2	15-11-2001
			EP 0868762 A1	07-10-1998
			ES 2159774 T3	16-10-2001
			JP 2000502231 T	22-02-2000
			SE 9504530 A	20-06-1997
			WO 9723012 A1	26-06-1997
			US 6111485 A	29-08-2000
JP 01189206	A	28-07-1989	JP 2100801 C	22-10-1996
			JP 8012962 B	07-02-1996
EP 0716468	A	12-06-1996	AU 677380 B2	24-04-1997
			AU 6156694 A	21-03-1995
			BR 9407631 A	28-01-1997
			CA 2170270 A1	02-03-1995
			DE 69428801 D1	29-11-2001
			DE 69428801 T2	27-06-2002
			EP 0716468 A1	12-06-1996
			FI 960901 A	29-03-1996
			JP 3089666 B2	18-09-2000
			RU 2139613 C1	10-10-1999
			US 6148221 A	14-11-2000
			CN 1137842 A ,C	11-12-1996
			WO 9506336 A1	02-03-1995
US 5472935	A	05-12-1995	AU 680866 B2	14-08-1997
			AU 5897394 A	22-06-1994
			CA 2150690 A1	09-06-1994
			EP 0672308 A1	20-09-1995
			FI 953834 A	14-08-1995
			JP 8509103 T	24-09-1996
			WO 9413028 A1	09-06-1994
			US 5694134 A	02-12-1997
			US 5721194 A	24-02-1998
			US 5589845 A	31-12-1996
US 5679624	A	21-10-1997	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De internationale No
PCT/FR2005/000445

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H01F21/00 H01P9/00 H01P11/00 H01L39/22 H01L39/24
H01P7/00 H01Q1/36 H01P7/08

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01P H01Q

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 97/23012 A (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON ; GEVORGIAN, SPARTAK; KOLLBERG, ERIK;) 26 juin 1997 (1997-06-26)	1-4, 12-19
A	page 8, ligne 1 - page 10, ligne 32; figures 1,2	20,21
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 0134, no. 81 (E-838), 31 octobre 1989 (1989-10-31) & JP 01 189206 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 28 juillet 1989 (1989-07-28) abrégé	1,14
A	EP 0 716 468 A (MURATA MANUFACTURING CO) 12 juin 1996 (1996-06-12) abrégé	1,14,20, 21
	----- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 juin 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Marti Almeda, R

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

internationale No
PCT/FR2005/000445

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	SHINHO CHO ET AL: "Current and temperature controlled variable inductance in superconducting microstrip lines" IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY IEEE USA, vol. 11, no. 1, mars 2001 (2001-03), pages 3090-3093, XP008036238 ISSN: 1051-8223 abrégé	8
A	----- US 5 472 935 A (YANDROFSKI ROBERT M ET AL) 5 décembre 1995 (1995-12-05) abrégé colonne 9, ligne 52 - colonne 10, ligne 3; figures 9,10	
A	----- US 5 679 624 A (DAS SATYENDRANATH) 21 octobre 1997 (1997-10-21) abrégé colonne 3, ligne 10 - ligne 53; figures 1,2 -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/000445

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9723012	A	26-06-1997	SE 507751 C2 DE 69614142 D1 DE 69614142 T2 EP 0868762 A1 ES 2159774 T3 JP 2000502231 T SE 9504530 A WO 9723012 A1 US 6111485 A	13-07-1998 30-08-2001 15-11-2001 07-10-1998 16-10-2001 22-02-2000 20-06-1997 26-06-1997 29-08-2000
JP 01189206	A	28-07-1989	JP 2100801 C JP 8012962 B	22-10-1996 07-02-1996
EP 0716468	A	12-06-1996	AU 677380 B2 AU 6156694 A BR 9407631 A CA 2170270 A1 DE 69428801 D1 DE 69428801 T2 EP 0716468 A1 FI 960901 A JP 3089666 B2 RU 2139613 C1 US 6148221 A CN 1137842 A ,C WO 9506336 A1	24-04-1997 21-03-1995 28-01-1997 02-03-1995 29-11-2001 27-06-2002 12-06-1996 29-03-1996 18-09-2000 10-10-1999 14-11-2000 11-12-1996 02-03-1995
US 5472935	A	05-12-1995	AU 680866 B2 AU 5897394 A CA 2150690 A1 EP 0672308 A1 FI 953834 A JP 8509103 T WO 9413028 A1 US 5694134 A US 5721194 A US 5589845 A	14-08-1997 22-06-1994 09-06-1994 20-09-1995 14-08-1995 24-09-1996 09-06-1994 02-12-1997 24-02-1998 31-12-1996
US 5679624	A	21-10-1997	AUCUN	